

Санкт-Петербургский государственный университет
Кафедра математической теории экономических решений

Иванчихина Арина Викторовна

Выпускная квалификационная работа бакалавра

**Нечетко-множественный анализ рисков фондовых
инвестиций (на примере ПАО "Газпром")**

Направление 010400

Прикладная математики и информатика

Научный руководитель,
доктор физ.-мат. наук,
профессор
Колбин В.В.

Санкт-Петербург

2016

Содержание

Введение	3
Постановка задачи	4
Обзор литературы	5
Глава 1. Построение модели	6
1.1. Построение и выбор оптимальной функции	6
1.2. Подсчет коэффициентов эластичности.....	8
Глава 2. Оценка степени риска банкротства	11
2.1. Определение переменных, классификация показателей ..	11
2.2. Оценка степени риска и уверенности	13
Выводы	15
Заключение	16
Список литературы	17
Приложение	19

Введение

Стремительно развивающийся российский рынок ценных бумаг не оставляет безучастными руководителей как крупных, так и мелких компаний, разжигает интерес к фондовым инвестициям. В условиях нестабильной экономической ситуации и жесткой конкуренции появляется необходимость прибегать к нестандартным методам оценки рисков вложений.

К примеру, А.О. Недосекин в своей книге «Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций» применяет теорию нечетких множеств к оценке инвестиций на рынке ценных бумаг путем построений треугольных и трапецевидных функций полезности. М.И. Потравный в своей диссертации «Методы оценки рыночного риска инвестиций в ценные бумаги на российском фондовом рынке» [1] рассматривает методику агрегированной оценки рыночного риска, которая включает риск рыночной ликвидности.

Однако, ни одна из известных методик, рассмотренных российскими или зарубежными учеными, не гарантирует полную уверенность в рекомендуемом решении, что дает широкий кругозор для новых исследований в данной области.

В данной работе будет рассмотрен нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций на основе показателей модели производственной функции, а также применено главное преимущество такого вида оценки – вывод не только решения о необходимости вложений, но и степени уверенности в нем.

Постановка задачи

Целью данной работы является определение возможной степени риска банкротства по показателям выручки реально существующей организации посредством построения и анализа производственной функции.

Для этого необходимо:

- выбрать факторы, в большей степени влияющие на выручку организации;
- построить под данным факторам производственные функции, выбрать оптимальную;
- определить коэффициенты эластичности для данной функции;
- по построенной производственной функции и коэффициентам эластичности провести нечетко-множественный анализ степени риска банкротства организации;
- вынести решение о необходимости фондовых инвестиций по каждому фактору и определить степень уверенности в нем.

Обзор литературы

При написании данной работы были использованы научная и учебно-методическая литература, статьи в периодических изданиях Российской Федерации и научных конференций.

Основными источниками, раскрывающими теоретические основы производственной функции, явились работы «Производственная функция и её свойства» Колбина В.В. [2], «Производственные функции в моделях экономического роста» Баркалова Н.Б. [3], «Производственные функции: Теория, методы, применение» Клейнера Г.Б. [4], «Производственные функции» Терехова Л.Л. [5], «Математические методы в экономике: Учебник» Замкова О.О., Толстопятенко А.В., Черемных Ю.П. [6]. В данных источниках подробно рассмотрено понятие производственной функции, ее свойств и применения.

На основе работ «Нечетко – множественный анализ риска фондовых инвестиций» Недосекина А.О. [7], «Минимизация риска на основе теории нечеткой логики в рамках одной задачи» Болотиной О. В. [8], «Введение в теорию нечетких множеств» Кофмана А. [9], «Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации» Орловского С.А. [10] подробно рассмотрены теории нечетких множеств, а также принципы принятия решений в их условиях.

Глава 1. Построение производственной функции

1.1. Построение и выбор оптимальной функции

В таблице 1 приведены сведения о выручке от реализации основных видов продукции ПАО «Газпром» за период с первой половины 2009 по первую половину 2015 года, выбор обусловлен стратегическими направлениями компании, а также долей от общей прибыли.

Все данные указаны в миллионах рублей и взяты с официального сайта компании.

Таблица 1

	итог газ*	добыча нефти и газового конденсата	переработка	производство и продажа электрической и тепловой энергии	итого
30.06.09	1653362	157396	225969	147493	2184220
31.12.09	1306608	207077	321381	51461	1886527
30.06.10	1623548	212646	322853	151098	2310145
31.12.10	1762042	233861	394754	144338	2534995
30.06.11	2151856	272352	455413	182151	3061772
31.12.11	2103050	281382	524568	166877	3075877
30.06.12	2018099	301591	548515	177136	3045341
31.12.12	2310486	349440	669565	166373	3495864
30.06.13	2379778	322796	645032	179566	3527172
31.12.13	2479946	375739	717382	196023	3769090
30.06.14	2536048	369010	799037	218683	3922778
31.12.14	2378036	337301	830742	208268	3754347
30.06.15	2581913	405399	766373	217728	3971413

* - суммарная выручка от добычи, транспортировки, поставки и хранения газа.

По этим данным рассмотрим влияние отдельных видов на итоговую выручку. Для этого используем возможности программного комплекса Eviews (подробные данные находятся в приложении).

Введем переменные:

итог газ – x_1 млн.руб.;

добыча нефти и газового конденсата – x_2 млн.руб.;

переработка – x_3 млн.руб.;

производство и продажа электрической и тепловой энергии – x_4 млн.руб.;

итого – q млн.руб.

Построим линейную функцию, ces-функцию, экспоненциальную функцию и функцию Кобба-Дугласа.

Выбирать наилучшую функцию будем из расчета минимизации стандартной ошибки регрессии ($Std.Error$) и суммы квадратов остатков(θ).
Подробные данные находятся в Приложении.

Линейная функция:

$$q = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + 0 * C ;$$

$$Std.Error = 1.39 * 10^{-14}, \theta = 1.28 * 10^{-16} ;$$

$$q = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 ;$$

$$Std.Error = 2.41 * 10^{-14}, \theta = 8.97 * 10^{-24} .$$

С учетом значений p-value приходим к выводу, что свободный коэффициент является значимым. Следовательно, мы будем рассматривать такую линейную функцию.

Ces - функция:

$$q = (0.8598x_1^{1/2} + 0.2274x_2^{1/2} + 0.4220x_3^{1/2} + 0.2042x_4^{1/2})^2 ;$$

$$Std.Error = 0.0243, \theta = 0.0047$$

Экспоненциальная функция:

$$q = e^{10^{-7}(3.79x_1 + 3x_2 + 2.35x_3 + 6.56x_4) + 13.8} ;$$

$$Std.Error = 1.2 * 10^{-7}, \theta = 0.004724 .$$

Функция Кобба-Дугласа:

$$q = 0.9196x_1^{0.7354}x_2^{0.0345}x_3^{0.1823}x_4^{0.0404};$$

$$Std.Error = 0.01117, \theta = 0.000233,$$

или без коэффициента

$$q = x_1^{0.8514}x_2^{0.042}x_3^{0.1448}x_4^{0.00988};$$

$$Std.Error = 0.01199, \theta = 0.000643$$

Наилучшей функцией является линейная функция, однако для дальнейшего анализа нам необходимы численные значения коэффициентов эластичности, что мы не сможем получить с помощью линейной функции, из всех остальных наибольшим образом подходит функция Кобба-Дугласа, её и будем рассматривать далее.

1.2. Подсчет коэффициентов эластичности

Теперь посчитаем коэффициенты эластичности [2] для нашей функции

$$q = 0.9196x_1^{0.7354}x_2^{0.0345}x_3^{0.1823}x_4^{0.0404}.$$

1. Предельные эффективности ресурсов.

$$q_{x_i} = \frac{\partial F}{\partial x_i}, \quad (1)$$

где $q = F(x_1 \dots x_4)$ – данная функция.

$$q_{x_1} = 0.6763x_1^{-0.2646}x_2^{0.0345}x_3^{0.1823}x_4^{0.0404};$$

$$q_{x_2} = 0.0317x_1^{0.7354}x_2^{-0.9655}x_3^{0.1823}x_4^{0.0404};$$

$$q_{x_3} = 0.1676x_1^{0.7354}x_2^{0.0345}x_3^{-0.8177}x_4^{0.0404};$$

$$q_{x_4} = 0.0372x_1^{0.7354}x_2^{0.0345}x_3^{0.1823}x_4^{-0.9596}.$$

2. Коэффициент эластичности выпуска по ресурсам.

$$\varepsilon(q, x_i) = \frac{\partial \ln q}{\partial \ln x_i} \quad (2)$$

$$\varepsilon(q, x_1) = 0.7354 ;$$

$$\varepsilon(q, x_2) = 0.0345 ;$$

$$\varepsilon(q, x_3) = 0.1823 ;$$

$$\varepsilon(q, x_4) = 0.0404 .$$

По данным коэффициентам можно сказать, на сколько процентов вырастет общая выручка, если выручка по определенному ресурсу увеличится на 1%.

3. Общий коэффициент эластичности выпуска.

$$\varepsilon(q) = \sum \varepsilon(q, x_i) \quad (3)$$

$$\varepsilon(q) = 0.993$$

Это значит, если выручка по каждому ресурсу вырастет на 1%, то и общая выручка вырастет на 0.993%.

4. Предельная норма замещения.

$$MRS = - dx_i / dx_j \quad (4)$$

$$MRS_{12} = -21.3344 ;$$

$$MRS_{13} = -4.0352 ;$$

$$MRS_{14} = -18.1801 ;$$

$$MRS_{23} = -0.1891 ;$$

$$MRS_{24} = -0.8522 ;$$

$$MRS_{34} = -4.5054$$

5. Эластичность замены.

Эластичность замены равна единице, значит, если соотношение факторов изменится на 1%, то при постоянном выпуске предельная норма замещения ресурсов также изменится на 1%.

Глава 2. Оценка степени риска банкротства

2.1. Определение переменных, классификация показателей

Примем классификацию состояний предприятия и риска банкротства Недосекина А.О. [7]:

Пусть лингвистическая переменная G – риск банкротства, имеет 5 значений:

G_1 – нечеткое подмножество «пределный риск банкротства»;

G_2 – нечеткое подмножество «высокая степень риска банкротства»;

G_3 – нечеткое подмножество «средняя степень риска банкротства»;

G_4 – нечеткое подмножество «низкая степень риска банкротства»;

G_5 – нечеткое подмножество «незначительный риск банкротства».

Носитель множества G – показатель g такой, что: $0 < g < 1$. (5)

Для произвольного показателя X_i введём соответствующую переменную B_i , показывающую уровень данного показателя по аналогии с классификацией G .

Рассмотрим нашу функцию как функцию принадлежности, а показатели её будем считать равнозначными (будем анализировать показатели из п.2. и п.4).

Представим для данных показателей классификацию:

Таблица 2

	B_{i1}	B_{i2}	B_{i3}	B_{i4}	B_{i5}
X_i	$x_i < 0.25$	$0.25 < x_i < 0.5$	$0.5 < x_i < 0.75$	$0.75 < x_i < 1$	$x_i > 1$
Y_i	$y_i < -5$	$-5 < y_i < -3$	$-3 < y_i < -1$	$-1 < y_i < -0.5$	$y_i > -0.5$

Показатель X_i – коэффициенты эластичности выпуска по ресурсам.

Показатель Y_i – предельная норма замещения.

Так как показатель Y отражает влияние одной переменной на другую, то одному значению x_i будут соответствовать 3 значения y_i .

Пусть λ_{ij} – уровень принадлежности показателей x_i и y_i к нечеткому подмножеству V_i .

Проведем классификацию по λ по x_1 :

Таблица 3

	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5
X_1	0	0	1	0	0
Y_{12}	1	0	0	0	0
Y_{13}	0	1	0	0	0
Y_{14}	1	0	0	0	0

По x_2 :

Таблица 4

	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5
X_2	0	1	0	0	0
Y_{12}	1	0	0	0	0
Y_{23}	0	0	0	0	1
Y_{24}	0	0	0	1	0

По x_3 :

Таблица 5

	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5
X_3	1	0	0	0	0
Y_{13}	0	1	0	0	0
Y_{23}	0	0	0	0	1
Y_{34}	0	1	0	0	0

По x_4 :

Таблица 6

	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5
X_4	1	0	0	0	0
Y_{14}	1	0	0	0	0
Y_{24}	0	0	0	1	0

	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5
Y_{34}	0	1	0	0	0

2.2. Оценка степени риска

Оценим степени риска банкротства по формуле:

$$g = \sum_1^4 g_i \sum_1^5 r_i \lambda_{ij}, \quad g_i = 0.9 - 0.2(j - 1), \quad (6)$$

$r_i = 1/2$ для X_i и $r_i = 1/6$ для Y_i

Оценка степеней риска банкротства дает $g_1 = 0.7$ и $g_2 = 0.8$, $g_3 = 0.9$, $g_4 = 0.5$, что информирует нас о том, что финансовое положение организации неудовлетворительное для газа, нефти и переработки и относительно удовлетворительное для тепловой энергии.

Для оценки степени уверенности в своем решении используем классификацию А.О. Недосекина [3]. В качестве функции принадлежности возьмем нашу производственную функцию, значение μ будем брать от нее.

Для полученных значений g_i , с учетом заданного ранее G_i , имеем соответствие:

Таблица 7

	Значение g_i	Степень оценочной уверенности (функция принадлежности)
g_1	0.7	1
g_2	0.8	0.5
g_3	0.9	1
g_4	0.5	1

Обратим внимание, что только значение g_2 не дает нам степень уверенности равную 1. Остальные же показатели гарантируют нам полную уверенность в нашем решении.

Выводы

Полученные значения g_i дают нам информацию о том, что степень риска банкротства можно назвать высокой, однако при увеличении оборотов производства тепловой энергии она (степень банкротства) может стать средней.

По подсчитанным значениям степени оценочной уверенности, мы можем твердо утверждать, что инвестиции в тепловую энергию повысят общую прибыль и снизят пагубный эффект от других факторов.

Необходимо отметить, что рассматриваемый метод, как оказалось, достаточно точен в плане уверенности в оценке.

Заключение

Таким образом, в ходе данной работы нами была исследована возможность установления посредством построения производственной функции полезности степени рискованности банкротства организации, вынесено решение о направлении инвестиций по одному из видов продукции, оценена степень уверенности в данном утверждении.

В результате, мы можем заключить о «праве на жизнь» данного метода, который имеет хоть и не 100% - ную, но достаточно хорошую точность.

Стоит отметить, что все существующие на данный момент методики не дают полную уверенность в верности решения, однако в совокупности могут служить хорошим инструментом для оценки рисков фондовых инвестиций.

Список литературы

1. Потравный М.И. Методы оценки рыночного риска инвестиций в ценные бумаги на российском фондовом рынке. М., 2008.
2. Колбин В. В. Производственная функция и её свойства. Ч.1. СПбГУ, ПМ-ПУ, 2008. С. 17-18.
3. Баркалов Н.Б. Производственные функции в моделях экономического роста / Н.Б. Баркалов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1981. – 128 с.
4. Клейнер Г.Б. Производственные функции: Теория, методы, применение / Г.Б. Клейнер. – М.: Финансы и статистика, 1986. – 240 с.
5. Терехов Л.Л. Производственные функции / Л.Л. Терехов. – М.: Статистика, 1974. – 128 с.
6. Замков О.О., Толстопятенко А.В., Черемных Ю.П. Математические методы в экономике: Учебник. – М.: ДИС, 1997. – 368 с.
7. Недосекин А.О. Нечетко – множественный анализ риска фондовых инвестиций. СПб, 2002. С. 60-63.
8. Болотина О. В. Минимизация риска на основе теории нечеткой логики в рамках одной задачи // Процессы управления и устойчивость: Труды 44-й международной научной конференции аспирантов и студентов / Под ред. Н. В. Смирнова, Г. Ш. Тамасяна. СПб: Издат. Дом С.-Петербур. гос. ун-та, 2013. С. 560.
9. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств / пер. с фр. – М. : Радио и связь, 1982.

10. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. – М.: Наука. 1981.

Приложение

Линейная функция

Dependent Variable: Q
Method: Least Squares
Date: 04/02/16 Time: 16:51
Sample: 2009S1 2015S1
Included observations: 13

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
X1	1.000000	1.39E-14	7.20E+13	0.0000
X2	1.000000	6.39E-14	1.57E+13	0.0000
X4	1.000000	7.13E-14	1.40E+13	0.0000
X3	1.000000	2.03E-14	4.92E+13	0.0000
C	0.000000	9.50E-09	0.000000	1.0000
R-squared	1.000000	Mean dependent var	3118426.	
Adjusted R-squared	1.000000	S.D. dependent var	701560.7	
S.E. of regression	4.00E-09	Akaike info criterion	-35.55369	
Sum squared resid	1.28E-16	Schwarz criterion	-35.33640	
Log likelihood	236.0990	Hannan-Quinn criter.	-35.59835	
F-statistic	9.24E+28	Durbin-Watson stat	2.021125	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Dependent Variable: Q/10000
Method: Least Squares
Date: 04/02/16 Time: 17:08
Sample: 2009S1 2015S1
Included observations: 13

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
X1/10000	1.000000	2.41E-14	4.14E+13	0.0000
X2/10000	1.000000	1.60E-13	6.27E+12	0.0000
X4/10000	1.000000	1.62E-13	6.17E+12	0.0000
X3/10000	1.000000	4.23E-14	2.36E+13	0.0000
R-squared	1.000000	Mean dependent var	311.8426	
Adjusted R-squared	1.000000	S.D. dependent var	70.15607	
S.E. of regression	9.98E-13	Sum squared resid	8.97E-24	
Durbin-Watson stat	0.950621			

Ces – функция

Dependent Variable: Q^{0.5}
Method: Least Squares
Date: 04/02/16 Time: 17:11
Sample: 2009S1 2015S1
Included observations: 13

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
X1 ^{0.5}	0.859816	0.014098	60.99056	0.0000
X2 ^{0.5}	0.227358	0.039854	5.704809	0.0003
X4 ^{0.5}	0.204193	0.023357	8.742269	0.0000
X3 ^{0.5}	0.421950	0.014644	28.81327	0.0000
R-squared	0.999915	Mean dependent var	1754.806	
Adjusted R-squared	0.999886	S.D. dependent var	205.7689	
S.E. of regression	2.196503	Akaike info criterion	4.659270	
Sum squared resid	43.42162	Schwarz criterion	4.833100	
Log likelihood	-26.28525	Hannan-Quinn criter.	4.623540	
Durbin-Watson stat	0.868347			

Экспоненциальная функция

Dependent Variable: LOG(Q)
Method: Least Squares
Date: 04/02/16 Time: 17:14
Sample: 2009S1 2015S1
Included observations: 13

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
X1	1.48E-05	4.68E-06	3.174205	0.0113
X2	-1.04E-06	3.09E-05	-0.033488	0.9740
X4	-4.24E-05	3.14E-05	-1.351746	0.2094
X3	-1.61E-05	8.20E-06	-1.956782	0.0821
R-squared	-46.176473	Mean dependent var	14.92685	
Adjusted R-squared	-61.901964	S.D. dependent var	0.243979	
S.E. of regression	1.935014	Akaike info criterion	4.405766	
Sum squared resid	33.69851	Schwarz criterion	4.579597	
Log likelihood	-24.63748	Hannan-Quinn criter.	4.370036	
Durbin-Watson stat	1.497596			

Экспоненциальная функция

Dependent Variable: LOG(Q)
Method: Least Squares
Date: 04/02/16 Time: 17:15
Sample: 2009S1 2015S1
Included observations: 13

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
X1	3.79E-07	8.44E-08	4.485488	0.0020
X2	3.00E-07	3.88E-07	0.772442	0.4621
X4	6.56E-07	4.34E-07	1.512787	0.1688
X3	2.35E-07	1.24E-07	1.902134	0.0937
C	13.80222	0.057783	238.8612	0.0000
R-squared	0.993386	Mean dependent var	14.92685	
Adjusted R-squared	0.990079	S.D. dependent var	0.243979	
S.E. of regression	0.024301	Akaike info criterion	-4.312852	
Sum squared resid	0.004724	Schwarz criterion	-4.095564	
Log likelihood	33.03354	Hannan-Quinn criter.	-4.357515	
F-statistic	300.3895	Durbin-Watson stat	0.721718	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Функция Кобба-Дугласа

Dependent Variable: LOG(Q)
Method: Least Squares
Date: 04/02/16 Time: 17:17
Sample: 2009S1 2015S1
Included observations: 13

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(X1)	0.735417	0.035058	20.97686	0.0000
LOG(X2)	0.034476	0.028696	1.201415	0.2639
LOG(X4)	0.040371	0.011174	3.612821	0.0069
LOG(X3)	0.182310	0.018816	9.689330	0.0000
C	0.919627	0.245273	3.749405	0.0056
R-squared	0.999674	Mean dependent var	14.92685	
Adjusted R-squared	0.999510	S.D. dependent var	0.243979	
S.E. of regression	0.005398	Akaike info criterion	-7.321846	
Sum squared resid	0.000233	Schwarz criterion	-7.104558	
Log likelihood	52.59200	Hannan-Quinn criter.	-7.366509	
F-statistic	6126.529	Durbin-Watson stat	0.965906	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Функция Кобба-Дугласа

Dependent Variable: LOG(Q)

Method: Least Squares

Date: 04/02/16 Time: 17:19

Sample: 2009S1 2015S1

Included observations: 13

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(X1)	0.851372	0.025851	32.93339	0.0000
LOG(X2)	0.041915	0.044817	0.935262	0.3741
LOG(X4)	0.009875	0.011995	0.823188	0.4317
LOG(X3)	0.144777	0.024942	5.804665	0.0003
R-squared	0.999100	Mean dependent var	14.92685	
Adjusted R-squared	0.998800	S.D. dependent var	0.243979	
S.E. of regression	0.008451	Akaike info criterion	-6.461457	
Sum squared resid	0.000643	Schwarz criterion	-6.287626	
Log likelihood	45.99947	Hannan-Quinn criter.	-6.497187	
Durbin-Watson stat	1.516502			